

(19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE  
PARIS

(11) N° de publication :

2 818 430

(à utiliser que pour les  
commandes de reproduction)

(21) N° d'enregistrement national :

00 16374

(51) Int. Cl. : H 01 F 7/06, F 01 L 9/04

(12)

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

(22) Date de dépôt : 15.12.00.

(30) Priorité :

(43) Date de mise à la disposition du public de la  
demande : 21.06.02 Bulletin 02/25.

(56) Liste des documents cités dans le rapport de  
recherche préliminaire : Se reporter à la fin du  
présent fascicule.

(57) Références à d'autres documents nationaux  
apparentés :

(71) Demandeur(s) : RENAULT — FR.

(72) Inventeur(s) : AGNERAY ANDRE, BARDET  
FREDERIC, VANNIER JEAN CLAUDE et VIDAL  
PIERRE.

(73) Titulaire(s) :

(74) Mandataire(s) : RENAULT TECHNOCENTRE.

(54) DISPOSITIF D'ENTRAÎNEMENT LINEAIRE D'UNE SOUPAPE AU MOYEN D'AIMANTS MOBILES.

(57) Dispositif d'entraînement linéaire (10) selon un axe de déplacement A, notamment pour l'entraînement d'une soupape (11) d'un moteur à combustion interne, du type comportant une partie fixe (15) délimitant au moins une zone de passage (17) dans laquelle une partie mobile (16) est guidée en coulissement depuis une position extrême haute vers une position extrême basse, caractérisé en ce que la partie mobile (16) comporte au moins un aimant permanent (40, 41, 42, 43), l'axe d'attraction magnétique dudit aimant permanent étant sensiblement perpendiculaire à l'axe de déplacement A, et en ce que la partie fixe (15) comporte au moins deux modules d'entraînement (20, 30) pouvant créer chacun un champ magnétique d'intensité variable selon un axe sensiblement perpendiculaire à l'axe de déplacement A dans au moins une partie de la zone de passage (17), ladite partie mobile (16) étant adaptée pour coulisser dans la zone de passage (17) sous l'action d'une force magnétique, d'attraction ou de répulsion, issue de l'interaction entre le champ magnétique créé par l'aimant permanent (40, 41, 42, 43), et les champs magnétiques créés par les modules d'entraînement (20, 30), ladite force ayant sensiblement comme direction l'axe de déplacement A, son sens et son amplitude dépendant des sens et amplitudes des champs magnétiques créés par les modules d'entraînement (20, 30).



FR 2 818 430 - A1



## Dispositif d'entraînement linéaire d'une soupape au moyen d'aimants mobiles

La présente invention concerne un dispositif d'entraînement linéaire.

5 Plus particulièrement, elle concerne dispositif d'entraînement linéaire selon un axe de déplacement A, notamment pour l'entraînement d'une soupape d'un moteur à combustion interne, du type comportant une partie fixe délimitant au moins une zone de passage dans laquelle une partie mobile est guidée en coulissement depuis une position extrême haute vers  
10 une position extrême basse.

Pour satisfaire les normes de dépollution et pour réduire la consommation des moteurs à combustion interne, les constructeurs automobiles ont développés des moteurs dans lesquels les soupapes sont commandées individuellement par des actionneurs électromagnétiques, par  
15 exemple du type décrit dans le document WO-A-96/19643.

Généralement, les actionneurs électromagnétiques de soupapes comportent deux ressorts, un ressort de soupape et un ressort d'actionneur.

Le corps de ce type d'actionneur renferme deux électro-aimants supérieur et inférieur qui sont susceptibles d'agir sur une palette mobile qui  
20 est montée sur l'extrémité de la tige de soupape. La palette mobile vient se coller alternativement sur les électro-aimants supérieur ou inférieur lorsque l'on commande respectivement la fermeture ou l'ouverture de la soupape.

La disposition des deux électro-aimants implique que, au repos et sous l'action des ressorts, la soupape reste ouverte en position d'équilibre à  
25 mi-course.

Par conséquent, pour maintenir la soupape dans sa position extrême haute de fermeture ou dans sa position extrême basse de fermeture, il est nécessaire d'alimenter l'actionneur en courant électrique.

- 2 -

De plus, ce type d'actionneur ne permet pas une levée partielle de la soupape.

Dans les actionneurs connus, la force résultant sur la palette, au moment de l'accostage, est la somme de la force exercée par l'électroaimant et de celle du ressort, ce qui rend extrêmement délicat le pilotage de l'accostage.

Les ressorts, qui doivent être étalonnés de manière précise, provoquent des chocs et donc des contraintes supplémentaires sur les actionneurs, ainsi qu'une usure prématurée des actionneurs.

Le poids et l'encombrement des actionneurs électromagnétiques connus sont aussi des inconvénients qui pénalisent l'intégration des ces systèmes aux moteurs des véhicules actuels.

Le fonctionnement des actionneurs électromagnétiques actuels est enfin très sensible aux dispersions de dimensions des éléments de l'actionneur. Si la palette mobile n'est pas correctement dimensionnée, elle se décale par rapport aux électro-aimants ce qui provoque des frottements supplémentaires car la palette mobile se trouve « de travers » par rapport aux électro-aimants. Il est alors nécessaire de prévoir des bobines d'électro-aimants de fortes puissances pour permettre un bon fonctionnement de l'actionneur.

La présente invention vise à remédier à ces inconvénients.

Dans ce but, elle propose un dispositif d'entraînement linéaire dans lequel la partie mobile comporte au moins un aimant permanent, l'axe d'attraction magnétique dudit aimant permanent étant sensiblement perpendiculaire à l'axe de déplacement A, et la partie fixe comporte au moins deux modules d'entraînement pouvant créer chacun un champ magnétique d'intensité variable selon un axe sensiblement perpendiculaire à l'axe de déplacement A dans au moins une partie de la zone de passage, ladite partie mobile étant adaptée pour coulisser dans la zone de passage

sous l'action d'une force magnétique, d'attraction ou de répulsion, issue de l'interaction entre le champ magnétique créé par l'aimant permanent, et les champs magnétiques créés par les modules d'entraînement, ladite force ayant sensiblement comme direction l'axe de déplacement A, son sens et son amplitude dépendant des sens et amplitudes des champs magnétiques créés par les modules d'entraînement.

Selon une autre caractéristique de l'invention, la partie mobile comprend au moins deux aimants permanents, superposés suivant l'axe de déplacement A, d'axe d'attraction magnétique sensiblement perpendiculaire à l'axe de déplacement A et de polarité inversée.

Selon une autre caractéristique de l'invention, la partie mobile comporte quatre aimants permanents, superposés suivant l'axe de déplacement A, d'axe d'attraction magnétique sensiblement perpendiculaire à l'axe de déplacement A, la polarité d'un aimant étant inversée par rapport à celle du ou des aimants adjacents.

Selon une autre caractéristique de l'invention, les modules d'entraînement sont agencés en vis-à-vis de chaque côté de la zone de passage.

Selon une autre caractéristique de l'invention, chaque module d'entraînement comporte un conducteur de champ, constitué d'un matériau ferromagnétique, et au moins une bobine électrique.

Selon une autre caractéristique de l'invention, le conducteur de champ a une section droite présentant une base depuis laquelle s'étendent trois dents, des premières et deuxième dents à deux bords opposés de la base, et une troisième sensiblement à équidistance des première et deuxième dents, une bobine électrique étant associée à chaque dent.

Selon une autre caractéristique de l'invention, chaque dent s'évase à son extrémité libre.

Selon une autre caractéristique de l'invention, les modules d'entraînement sont agencés de façon à ce que les évasements des extrémités libres de chaque dent soient en vis-à-vis.

5 Selon une autre caractéristique de l'invention, chaque dent comporte une partie parallélépipédique, la dimension, selon l'axe de déplacement A, de la partie parallélépipédique de la troisième dent étant sensiblement le double des dimensions, selon l'axe de déplacement A, des parties parallélépipédiques des première et deuxième dents.

10 Selon une autre caractéristique de l'invention, les dimensions, selon l'axe de déplacement A, des conducteurs de champ sont sensiblement égales. De plus, chaque aimant se présente sous la forme d'un parallélépipède, les hauteurs, selon l'axe de déplacement A, des deux aimants permanents situés au centre de la superposition des aimants permanents étant sensiblement égales à la moitié desdites dimensions, selon  
15 l'axe de déplacement A, des conducteurs de champ, tandis que les dimensions, selon l'axe de déplacement A, des aimants permanents situés aux positions extrêmes de superposition des aimants permanents étant sensiblement égales à la course de la partie mobile entre la position extrême haute et la position extrême basse.

20 D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront à la lecture de la description qui va suivre en référence aux dessins dans lesquels :

- la figure 1 représente une vue en perspective avec arrachement qui représente un dispositif d'entraînement linéaire de soupape de moteur à  
25 combustion interne qui est réalisé conformément aux enseignements de l'invention,

- la figure 2 est une vue en coupe par un plan vertical et transversal du dispositif de la figure 1.

Dans la suite de la description, les éléments identiques ou similaires porteront des références identiques.

On définira arbitrairement une orientation verticale de haut en bas suivant l'axe de déplacement, noté A, et conformément à la figure 1.

5 On note que l'orientation verticale de l'axe de déplacement A n'est pas nécessaire au fonctionnement du dispositif d'entraînement selon l'invention. L'axe de déplacement A pourrait par exemple être horizontal, donc perpendiculaire à l'orientation de la gravité terrestre.

10 On a représenté aux figures 1 et 2 un dispositif d'entraînement linéaire 10, suivant un axe de déplacement A, d'une soupape 11 d'un moteur à combustion interne.

15 Le dispositif d'entraînement 10 comporte une partie fixe 15 qui délimite un entrefer vertical 17 dans lequel une partie mobile 16 est guidée en coulissement vertical par des moyens de guidage connus (non représentés), entre une position extrême haute et une position extrême basse.

La partie mobile 16 a la forme d'une plaque sensiblement parallélépipédique qui définit globalement un plan P contenant l'axe vertical de déplacement A et contenant un axe longitudinal C qui est sensiblement perpendiculaire à l'axe de déplacement A.

20 L'axe longitudinal C est ici perpendiculaire au plan de la figure 2.

La soupape 11 est fixée à l'extrémité axiale inférieure, suivant l'axe de déplacement A, de la partie mobile 16.

25 La partie fixe se compose de deux noyaux magnétiques 20,30, situés de part et d'autre de l'entrefer 17, et qui ont chacun sensiblement la forme d'un E. Chaque noyau 20,30 comporte une dent supérieure 21,31, une dent inférieure 22,32 une dent médiane 23,33, qui se projettent en saillie depuis une base 27,37. Chaque dent 21,31,22,32,23,33 présentent une première partie parallélépipédique 21A,31A,22A,32A,23A,33A, située du côté de la

- 6 -

base 27,37 et une partie formant épanouissement 21B,31B,22B,32B,23B,33B, située du côté de l'entrefer 17.

Pour chaque noyau 20,30, la base 27,37 et les parties parallélépipédiques 21A,31A,22A,32A de la dent supérieure 21,31 et inférieure 22,32 ont sensiblement la même épaisseur, selon l'axe de déplacement A, tandis que la partie parallélépipédique 23A,33A de la dent médiane 23,33, présente une épaisseur à peu près double.

A chaque dent 21,31,22,32,23,33 est associée une bobine électrique 24,34,25,35,26,36. Dans le mode de réalisation représenté ici, chaque bobine électrique 24,34,25,35,26,36 est formée d'enroulements de fils électriques autour de chaque dent 21,31,22,32,23,33. Les enroulements forment des spires qui sont globalement parallèles au plan P. Préférentiellement, les bobines électriques 24,34,25,35,26,36 sont issues d'un unique bobinage. On commande, dans ce cas l'alimentation, en courant des bobines 24,34,25,35,26,36 par l'intermédiaire d'un unique circuit de commande (non représenté).

Il y a alors deux configurations de circulation de courant possible : la première est que, pour chaque noyau 20,30 lorsque le courant circule dans la bobine électrique 24,34 associée à la dent supérieure 21,31 dans le sens trigonométrique (vue de la figure 1), le courant circule dans la bobine 25,35 associée à la dent inférieure 22,32 dans le sens trigonométrique, et dans la bobine 26,36 associée à la dent médiane 23,33 dans le sens non trigonométrique. La seconde configuration est celle pour laquelle le courant circule dans le sens opposé dans chaque bobine 24,34,25,35,26,36 associée à chaque dent 21,31,22,32,23,33 d'un même noyau 20,30, par rapport à la configuration précédente.

Il apparaît que l'entrefer 17 est essentiellement délimité par une paroi des épanouissements 21B,31B,22B,32B,23B,33B.

La partie mobile 16 se compose d'un empilement, selon l'axe de déplacement A, de quatre aimants permanents 40,41,42,43, chaque aimant permanent 40,41,42,43 ayant une forme sensiblement parallélépipédique. Deux aimants principaux 40,41, situés au centre de la partie mobile 16, ont une hauteur, selon l'axe de déplacement A, environ égale à la moitié de la hauteur d'un noyau magnétique 20,30. L'aimant principal supérieur 40 est situé en partie haute, tandis que l'aimant principal inférieur 41 est situé en partie basse. Un aimant secondaire supérieur 42 est placé sur l'aimant principal supérieur 40, tandis qu'un aimant secondaire inférieur 43 est placé sous l'aimant principal inférieur 41. Les aimants secondaires 42,43 ont une hauteur, selon l'axe de déplacement A, égale à la moitié du maximum de la course de la partie mobile 16 entre la position extrême haute et la position extrême basse. La polarité de ces aimants permanents est la suivante. L'aimant principal supérieur 40 a le pôle Nord orienté, sur la figure 2, vers la droite, tandis que l'aimant principal inférieur 41 a le pôle Nord orienté vers la gauche. L'aimant secondaire supérieur 42 a le pôle Nord orienté vers la gauche, tandis que l'aimant secondaire inférieur 43 a le pôle Nord orienté vers la droite.

Sur les figures 1 et 2, la partie mobile 16 est représentée en position extrême haute.

Lorsqu'un courant traverse une bobine électrique 24,34,25,35,26,36, on obtient la formation d'une induction magnétique, dans l'entrefer 16, entre les dents 21,31,22,32,23,33 des noyaux magnétiques 20,30 qui sont associées auxdites bobines 24,34,25,35,26,36. Une force magnétique, de direction l'axe de déplacement A, s'exerce alors sur la partie mobile 16 et tend à la placer dans une position d'équilibre magnétique. Suivant le sens de circulation des courants dans les différentes bobines 24,34,25,35,26,36, on peut piloter le sens et l'intensité de la force résultante globale appliquée à la partie mobile 16 et donc le déplacement de la partie mobile 16.



Ainsi, lorsque le courant circulant dans les bobines 24,34 associées aux dents supérieures 21,31, selon la figure 1, dans le sens trigonométrique, le courant circule dans les bobines 25,35 associées aux dents inférieures 22,32 également dans le sens trigonométrique comme expliqué précédemment, et dans les bobines 25,35 associées aux dents médianes 23,33 dans le sens non trigonométrique, la partie mobile 16 a tendance à être attirée jusqu'à sa position extrême basse. Pour changer le sens des forces développées dans la partie mobile 16, il suffit d'inverser le sens de circulation du courant dans les bobines associées aux dent supérieures 21,31 et inférieures 22,32 et médianes 23,33.

La présence d'épanouissements 21B,31B,22B,32B,23B,33B, permet au flux magnétique d'occuper une plus grande partie de l'entrefer 17 lorsque les bobines 24,34,25,35,26,36 sont traversées par un courant.

Il est possible, avec le dispositif selon l'invention, de moduler la force globale exercée sur la partie mobile, et par conséquent sur la soupape, de façon à créer une accélération positive de la soupape, ou bien une accélération négative pour la freiner. Il est possible de moduler l'amplitude de la force globale s'appliquant sur la partie mobile et en inverser le sens à tout moment. Il est en outre possible de bloquer la partie mobile à n'importe quelle position de sa course.

Le blocage de partie mobile dans une position intermédiaire peut être assuré par l'asservissement du courant dans les bobines. Une première phase de freinage est alors nécessaire pour arrêter la partie mobile à la position voulue. Ensuite, une petite quantité d'énergie suffit pour maintenir la partie mobile dans cette position.

Le dispositif selon l'invention peut comporter un capteur de position transmettant aux moyens de pilotage du courant alimentant les bobines, un signal représentatif de la position de la partie mobile. Ainsi, le dispositif peut-il fonctionner en boucle d'asservissement fermée afin de contrôler en temps réel la position de la soupape.

- 9 -

La présente invention n'est nullement limitée au mode de réalisation décrit et illustré qui n'a été donné qu'à titre d'exemple. Au contraire, l'invention comprend tous les équivalents techniques des moyens décrits ainsi que leurs combinaisons si celles-ci sont effectuées suivant son esprit.

5

- 10 -

2

## REVENDEICATIONS

1. Dispositif d'entraînement linéaire (10) selon un axe de déplacement A, notamment pour l'entraînement d'une soupape (11) d'un  
5 moteur à combustion interne, du type comportant une partie fixe (15) délimitant au moins une zone de passage (17) dans laquelle une partie mobile (16) est guidée en coulissement depuis une position extrême haute vers une position extrême basse, caractérisé en ce que la partie mobile (16) comporte au moins un aimant permanent (40,41,42,43), l'axe d'attraction  
10 magnétique dudit aimant permanent étant sensiblement perpendiculaire à l'axe de déplacement A, et en ce que la partie fixe (15) comporte au moins deux modules d'entraînement (20,30) pouvant créer chacun un champ magnétique d'intensité variable selon un axe sensiblement perpendiculaire à l'axe de déplacement A dans au moins une partie de la zone de passage (17),  
15 ladite partie mobile (16) étant adaptée pour coulisser dans la zone de passage (17) sous l'action d'une force magnétique, d'attraction ou de répulsion, issue de l'interaction entre le champ magnétique créé par l'aimant permanent (40,41,42,43), et les champs magnétiques créés par les modules d'entraînement (20,30), ladite force ayant sensiblement comme direction  
20 l'axe de déplacement A, son sens et son amplitude dépendant des sens et amplitudes des champs magnétiques créés par les modules d'entraînement (20,30).

2. Dispositif d'entraînement linéaire (10) selon la revendication 1, caractérisé en ce que la partie mobile (16) comprend au moins deux aimants  
25 permanents (40,41,42,43), superposés suivant l'axe de déplacement A, d'axe d'attraction magnétique sensiblement perpendiculaire à l'axe de déplacement A et de polarité inversée.

3. Dispositif d'entraînement linéaire (10) selon la revendication 2, caractérisé en ce que la partie mobile (16) comporte quatre aimants  
30 permanents (40,41,42,43), superposés suivant l'axe de déplacement A, d'axe

d'attraction magnétique sensiblement perpendiculaire à l'axe de déplacement A, la polarité d'un aimant (40,41,42,43) étant inversée par rapport à celle du ou des aimants adjacents (40,41,42,43).

5 4.Dispositif d'entraînement linéaire selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que les modules d'entraînement (20,30) sont agencés en vis-à-vis de chaque côté de la zone de passage (17).

5.Dispositif d'entraînement linéaire selon l'une des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que chaque module d'entraînement (20,30) comporte un conducteur de champ (21,31), constitué d'un matériau ferromagnétique, et au moins une bobine électrique (24,34,25,35,26,36).

10

6.Dispositif d'entraînement linéaire (10) selon la revendication 5, caractérisé en ce que le conducteur de champ (21,31) a une section droite présentant une base (27,37) depuis laquelle s'étendent trois dents (21,31,22,32,23,33), des premières et deuxième dents (21,31,22,32) à deux bords opposés de la base (27,37), et une troisième dent (23,33) sensiblement à équidistance des première et deuxième dents (21,31,22,32), une bobine électrique (24,34,25,35,26,36) étant associée à chaque dent (21,31,22,32,23,33).

15

7.Dispositif d'entraînement linéaire (10) selon la revendication 6, caractérisé en ce que chaque dent (21,31,22,32,23,33) s'évase à son extrémité libre.

20

8.Dispositif d'entraînement linéaire (10) selon la revendication 7, caractérisé en ce que les modules d'entraînement (20,30) sont agencés de façon à ce que les évasements des extrémités libres de chaque dent (21,31,22,32,23,33) soient en vis-à-vis.

25

9.Dispositif d'entraînement linéaire (10) selon l'une des revendications 6 à 8, caractérisé en ce que chaque dent (21,31,22,32,23,33) comporte une partie parallélépipédique (21A,31A,22A,32A,23A,33A), la dimension, selon l'axe de déplacement A, de la partie parallélépipédique

- 12 -

(23A,33A) de la troisième dent (33) étant sensiblement le double des dimensions, selon l'axe de déplacement A, des parties parallélépipédiques (21A,31A,22A,32A) des première et deuxième dents (21,31,22,32).

10. Dispositif d'entraînement linéaire (10) selon les revendications 3 et 5, caractérisé en ce que les dimensions, selon l'axe de déplacement A, des conducteurs de champ (21,31) sont sensiblement égales, et en ce que chaque aimant (40,41,42,43) se présente sous la forme d'un parallélépipède, les hauteurs, selon l'axe de déplacement A, des deux aimants permanents (40,41) situés au centre de la superposition des aimants permanents (40,41,42,43) étant sensiblement égales à la moitié desdites dimensions, selon l'axe de déplacement A, des conducteurs de champ (21,31), tandis que les dimensions, selon l'axe de déplacement A, des aimants permanents (42,43) situés aux positions extrêmes de superposition des aimants permanents (40,41,42,43) étant sensiblement égales à la course de la partie mobile (16) entre la position extrême haute et la position extrême basse.

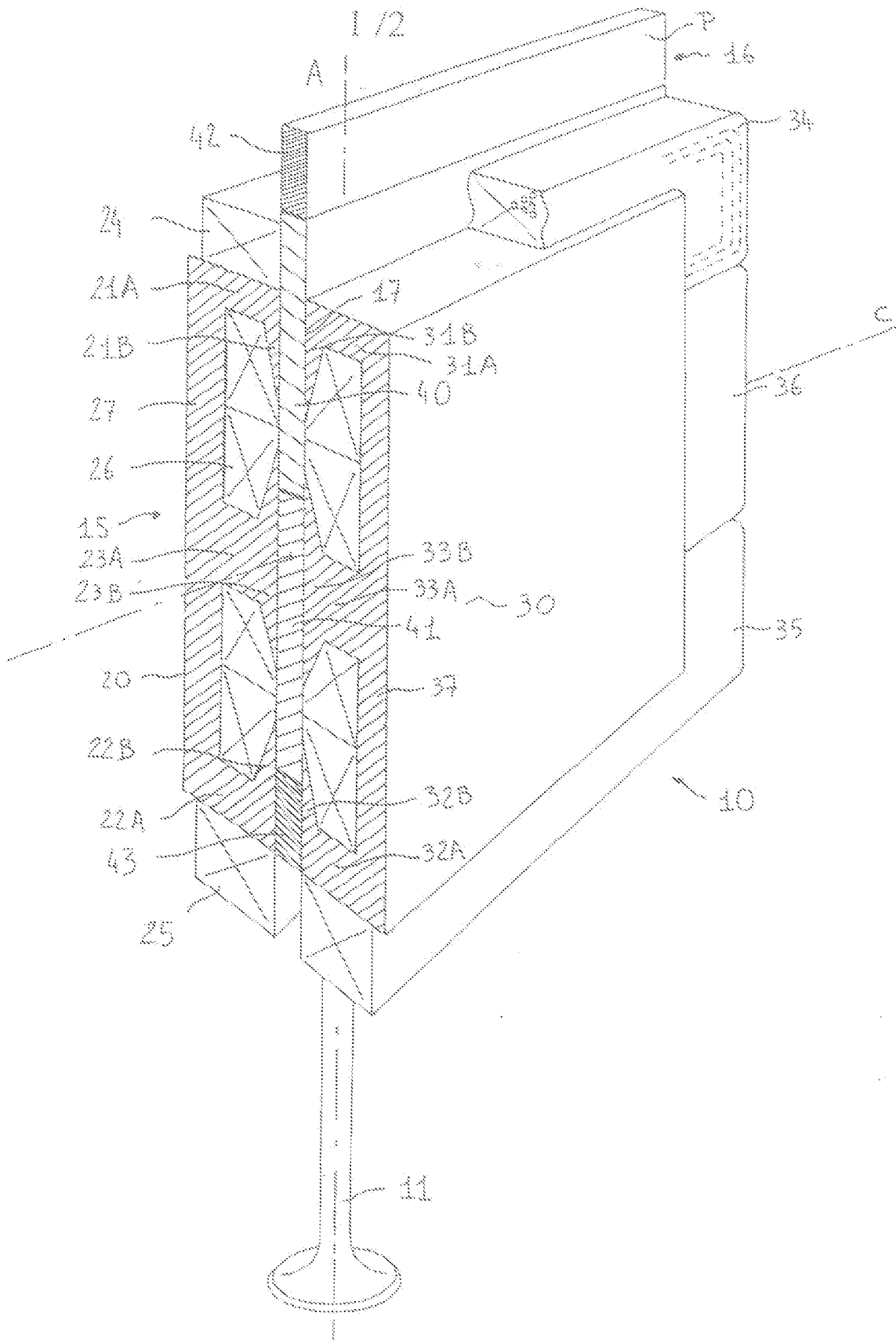


FIG. 1

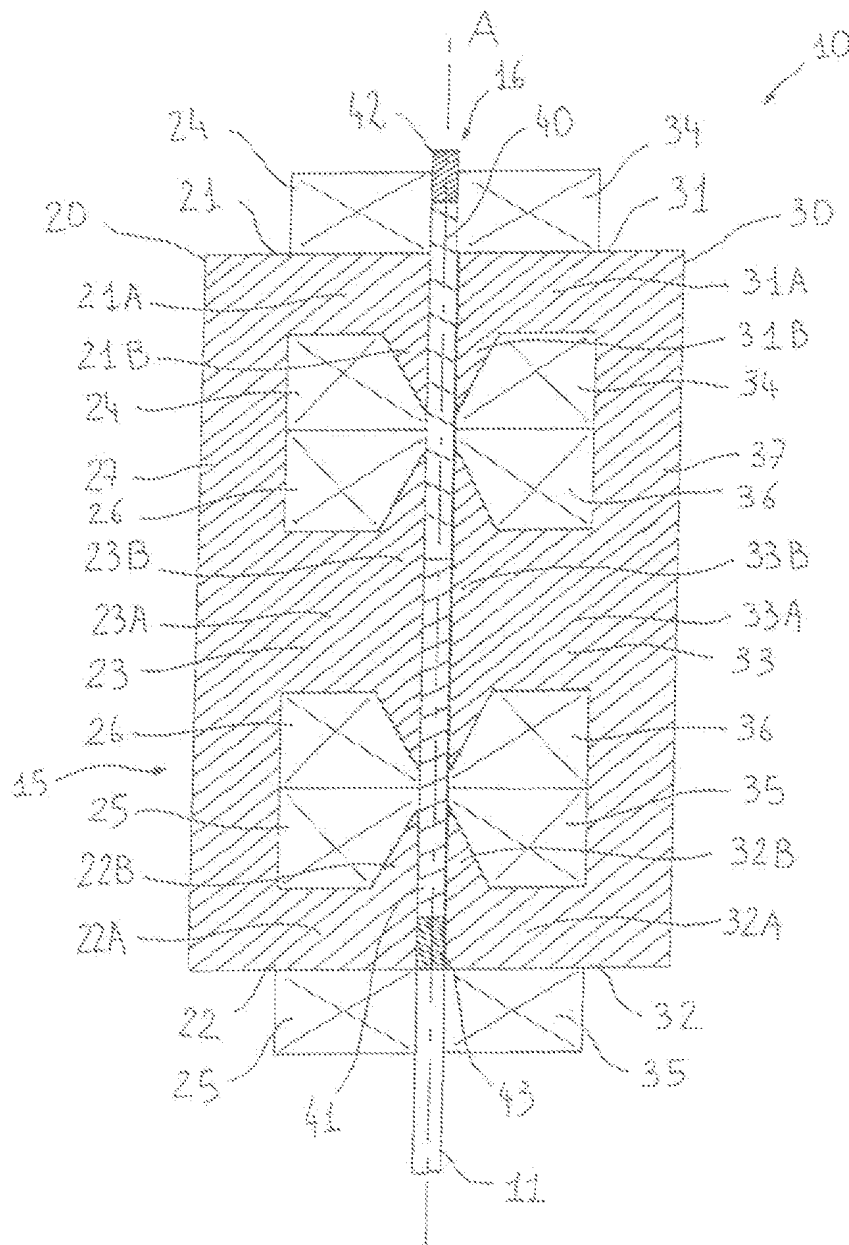


FIG. 2



INSTITUT  
NATIONAL DE  
LA PROPRIÉTÉ  
INDUSTRIELLE

# RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE

établi sur la base des dernières revendications  
déposées avant le commencement de la recherche

2818430

N° d'enregistrement  
national

FA 599113

FR 0016374

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) considérée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
X	DE 198 16 607 A (HUELSHOFF HARTMUT) 21 octobre 1999 (1999-10-21) * colonne 6, ligne 20 - ligne 59 *	1-5	H01F7/06 F01L9/04
A	.....	10	
X	DE 197 14 413 A (BRAUNEWELL MARKUS) 15 octobre 1998 (1998-10-15) * figure 6 *	1,4,5	
A	WO 93 07673 A (MOVING MAGNET TECH) 15 avril 1993 (1993-04-15) * page 5, ligne 18 - page 8, ligne 19 *	1,2,4, 6-10	
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 2000, no. 03. 30 mars 2000 (2000-03-30) & JP 11 341778 A (MATSUSHITA ELECTRIC WORKS LTD), 10 décembre 1999 (1999-12-10) * abrégé *		
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (int.CL.?)
			H01F F01L
Date d'entièrement de la recherche		Examineur	
30 août 2001		Vanhulle, R	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS		<p>X : théorie en principe à la base de l'invention          Y : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure          à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date          de dépôt ou qu'à une date postérieure          D : cité dans la demande          L : cité pour d'autres raisons          .....          &amp; : mention de la même famille, document correspondant</p>	
<p>&gt; : particulièrement pertinent à lui seul          Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un          autre document de la même catégorie          A : article - plan technologique          Q : revendication anti-divers          P : document antérieur</p>			

INPI FORM 1503 10-99 0040516